

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 22 146 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
H 03 H 9/15
H 01 L 41/04

②① Aktenzeichen: 199 22 146.4
②② Anmeldetag: 12. 5. 99
④③ Offenlegungstag: 16. 12. 99

③⑩ Unionspriorität:
10-153239 02. 06. 98 JP

⑦① Anmelder:
Murata Mfg. Co., Ltd., Nagaokakyo, Kyoto, JP

⑦④ Vertreter:
Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,
80538 München

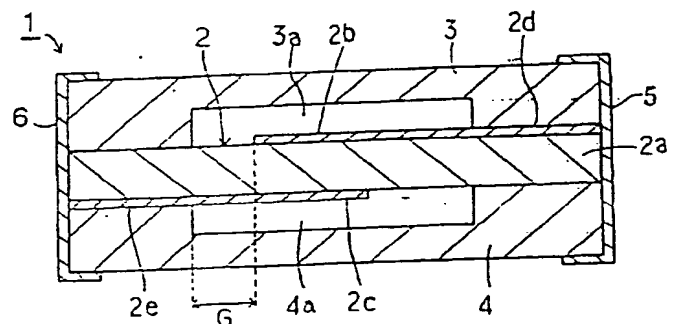
⑦② Erfinder:
Yoshida, Ryuhei, Nagaokakyo, Kyoto, JP; Kitajima,
Nobuhiro, Nagaokakyo, Kyoto, JP; Sakai, Kenichi,
Nagaokakyo, Kyoto, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Piezoelektrischer Resonator

⑤⑦ Ein piezoelektrischer Resonator (1) enthält zwei Dichtungssubstrate (3, 4), einen Dichtungsbereich und ein piezoelektrisches Resonanzbauteil (2) vom energieeinfangenden Typ, das dazu angepaßt ist, in der dritten Oberwelle der Dickendehnungsvibration zu vibrieren. Das piezoelektrische Resonanzbauteil (2) enthält ein piezoelektrisches Substrat (2a) und zwei Anregungselektroden (2b, 2c), die jeweils auf gegenüberliegenden Hauptflächen des piezoelektrischen Substrats (2a) liegen. Ein Bereich des zwischen den Anregungselektroden liegenden piezoelektrischen Substrats (2a) dient als Vibrationsbereich. Jedes der Dichtungssubstrate (3, 4) weist eine darin gebildete Vertiefung auf und ist so auf der entsprechenden Hauptfläche des piezoelektrischen Substrats (2a) befestigt, daß die Vertiefungen einen Raum für die Vibration definieren. Der Dichtungsbereich (3, 4) ist so um den Raum herum angeordnet, daß Vibrationslecks gedämpft werden. Der Vibrationsbereich ist so angeordnet, daß seine Mitte (C) längs der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils (2) gesehen, gegenüber der Mitte (D) des Raumes (8) versetzt ist.



DE 199 22 146 A 1

Die Erfindung befasst sich mit einem piezoelektrischen Resonator, der beispielsweise in einer Bandspererschaltung oder einem Espriminator (Diskriminator) verwendet wird, oder insbesondere mit einem Resonator, der ein piezoelektrisches Resonanzbauteil vom energieeinfangenden Typ und ein Gehäuse enthält, das einen Raum aufweist, in dem ein Vibrationsbereich des piezoelektrischen Resonanzbauteils vibrieren kann.

Die japanische Patentveröffentlichung (kokoku) Nr. 7-70941 beschreibt einen piezoelektrischen Resonator, der ein piezoelektrisches Resonanzbauteil vom energieeinfangenden Typ enthält, das im Dickendehnungsvibrationsmodus schwingt. Der Aufbau des piezoelektrischen Resonators wird nachstehend unter Bezug auf die Fig. 10 und 11 beschrieben.

Fig. 10 ist eine perspektivische Explosionsansicht des piezoelektrischen Resonators. Fig. 11 ist eine vertikale Schnittansicht des piezoelektrischen Resonators von Fig. 10.

Ein piezoelektrischer Resonator 51 enthält ein piezoelektrisches Resonanzbauteil 52 vom energieeinfangenden Typ, der einen Dickendehnungsvibrationsmodus anwendet. Das piezoelektrische Resonanzbauteil 52 enthält ein rechteckiges piezoelektrisches Substrat 52a. Eine Anregungselektrode 52b ist in der Mitte der oberen Oberfläche des piezoelektrischen Substrats gebildet. Eine zweite Anregungselektrode 52c ist in der Mitte der unteren Oberfläche des piezoelektrischen Substrats 52a gebildet, so dass die Anregungselektroden 52b und 52c einander am piezoelektrischen Substrat 52a gegenüberliegen.

Die Anregungselektrode 52b und 52c sind jeweils mit Leitungselektroden 52d und 52e verbunden. Die Leitungselektrode 52d erstreckt sich auf der oberen Oberfläche des piezoelektrischen Substrats 52a zu einer seiner Seitenkanten. Die Leitungselektrode 52e erstreckt sich auf der unteren Oberfläche des piezoelektrischen Substrats 52a zu der Seitenkante des Substrats 52a, die der Seitenkante gegenüberliegt, zu der sich die Leitungselektrode 52d erstreckt.

Dichtungssubstrate 53 und 54 sind jeweils auf der oberen und unteren Oberfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils 52 angebracht. Jedes der Dichtungssubstrate 53 und 54 besteht aus isolierender Keramik, wie Aluminiumoxid, und nimmt die Form eines rechteckigen Blocks an. Eine Vertiefung 53a ist in der unteren Oberfläche des Dichtungssubstrats 53 und eine Vertiefung 54a in der oberen Oberfläche des Dichtungssubstrats 54 gebildet. Die Vertiefungen 53a und 54a sind so angeordnet, dass sie, wenn die Dichtungssubstrate 53 und 54 auf dem piezoelektrischen Resonanzbauteil 52 angebracht werden, gegeneinander versetzt sind.

Im piezoelektrischen Resonator 51 sind die Dichtungssubstrate 53 und 54 durch eine isolierende Klebeschicht mit dem piezoelektrischen Substrat 52 verbunden. Ein Bereich des piezoelektrischen Resonanzbauteils 52, der zwischen der ersten und zweiten Anregungselektrode 52b und 52c angeordnet ist, dient als Vibrationsbereich. Wie in Fig. 11 gezeigt ist, kann, da der Vibrationsbereich zwischen den Vertiefungen 53a und 54a angeordnet ist, der Vibrationsbereich bei Anregung frei im von den Vertiefungen 53a und 54a definierten Raum vibrieren.

Die Bezugszeichen 55 und 56 bezeichnen Außenelektroden. Die Außenelektrode 55 ist elektrisch mit der Leitungselektrode 52d und die Außenelektrode 56 elektrisch mit der Leitungselektrode 52e verbunden.

Im piezoelektrischen Resonator 51 werden im Vibrationsbereich angeregte Leckschwingungen der Grundwelle in einem zwischen dem piezoelektrischen Resonanzbauteil 52

und den Dichtungssubstraten 53 und 54 befestigten Bereich gedämpft. Zum Beispiel werden in einem Bereich, in dem das Dichtungssubstrat 53 und die obere Oberfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils 52 mittels einer isolierenden Klebeschicht verbunden sind, die Leckschwingungen der Grundwelle gedämpft. Durch Einstellen der Größe der Versetzung der Vertiefungen 53a und 54a kann der Grad der Leckschwingung der Grundwelle eingestellt werden, wodurch man einen gewünschten Frequenzgang erhält.

Kürzlich wurde versucht, unter Einsatz eines dem piezoelektrischen Resonator 51 ähnlichen Aufbaus die Betriebsfrequenz zu erhöhen, indem die dritte Oberwelle verwendet wurde. Bei einem die dritte Oberwelle benutzenden piezoelektrischen Resonator bilden die Grundwelle, die fünfte und die höheren ungeraden Oberschwingungen Störschwingungen. Dementsprechend kann, wenn die Grundwelle nicht zuverlässig gedämpft wird, die Verwendung der dritten Oberwelle scheitern und möglicherweise zu anomalen Schwingungen führen. Da der Verstärkungsgrad einer integrierten Schaltung bei höherer Frequenz dazu tendiert, geringer zu werden, erfüllt die Grundwelle, die die niedrigste Frequenz aufweist, leicht die Störungsbedingungen, so dass die Grundwelle sehr wahrscheinlich zur anomalen Schwingung führt. Daher ist eine zuverlässige Dämpfung der Grundwelle dringend gefordert.

Um die Grundwelle zu unterdrücken, ohne die dritte Oberwelle zu beeinflussen, kann man die Dämpfung in einem Abschnitt außerhalb des Vibrationsbereichs vornehmen, in den die Grundwelle entweicht. Der Bereich, in den die Grundwelle entweicht, bewegt sich, abhängig vom Durchmesser der Anregungselektroden 52b und 52c, konzentrisch um die Mitte der Anregungselektroden. Demgemäß muß die Größe der Vertiefungen 53a und 54a entsprechend dem Durchmesser der Anregungselektroden 52b und 52c modifiziert werden.

Bei einem piezoelektrischen Resonator, bei dem in einem Gehäuse ein Raum gebildet ist, der dazu angepasst ist, die Vibration eines Vibrationsbereichs sicherzustellen, kann die Grundwelle durch jedes der folgenden Verfahren unterdrückt werden: (1) die Größe des Raums wird gemäß dem Durchmesser der Anregungselektroden modifiziert, um die Vibration sicherzustellen; und (2) die oberen und unteren Vertiefungen 53a und 54a werden, wie im Falle des piezoelektrischen Resonators 51, relativ zueinander versetzt.

Jedoch erfordert das Verfahren (1), bei dem die Größe des Raumes entsprechend dem Elektrodendurchmesser verändert wird, eine Vielzahl von Dichtungssubstraten mit Vertiefungen mit verschiedenen Durchmessern. Daher benötigt man nicht nur relativ teure Gesenke, sondern auch die Planung der Arbeitsabläufe wird kompliziert, was zu einer Steigerung der Herstellungskosten führt.

Beim Verfahren (2), bei dem die Vertiefungen 53a und 54a relativ zueinander versetzt sind, benötigt man, auch wenn die Versetzung durch Bearbeitung in entsprechenden Gesenken oder durch Polieren der Endflächen der Dichtungssubstrate vorgenommen wird, immer noch eine Vielzahl Dichtungssubstrate. Daher benötigt man nicht nur relativ teure Gesenke, sondern auch die Planung der Arbeitsabläufe wird kompliziert, was zu einer Steigerung der Herstellungskosten führt.

Ferner kann man, wenn man, um eine relative Versetzung der Vertiefungen zu erhalten, die Endflächen der Dichtungssubstrate nach der Bildung der Vertiefungen poliert, die relative Versetzung nicht genau kontrollieren, da die Genauigkeit der relativen Versetzung von der Geschicklichkeit abhängt, mit der die Polierarbeiten ausgeführt werden.

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen piezoelektrischen Resonator bereitzustellen, der ein die dritte Oberwelle eines

Dickendehnungsvibrationsmodus' verwendendes piezoelektrisches Resonanzbauteil vom energieeinfangenden Typ enthält, der die Grundwelle leicht und zuverlässig dämpfen kann, keine Erhöhung der Anzahl verschiedenartiger zu verwendender Gehäusematerialien beinhaltet und somit eine Senkung der Herstellungskosten ermöglicht.

Die Erfindung stellt einen piezoelektrischen Resonator vor, der ein Gehäuseglied, einen Dichtungsbereich und ein piezoelektrisches Resonanzbauteil vom energieeinfangenden Typ aufweist, das dazu angepasst ist, in der dritten Oberwelle der Dickendehnungsvibration zu vibrieren. Das piezoelektrische Resonanzbauteil enthält ein piezoelektrisches Substrat und zwei Anregungselektroden, die so auf gegenüberliegenden Hauptflächen des piezoelektrischen Substrats angeordnet sind, dass das piezoelektrische Substrat dazwischen liegt. Ein Bereich des zwischen den Anregungselektroden liegenden piezoelektrischen Substrats dient als Vibrationsbereich. Ein Gehäuseglied ist so angeordnet, dass es einen Raum definiert, der wenigstens den Vibrationsbereich so umschließt, dass er vibrieren kann. Der Dichtungsbereich ist so um den Raum herum angeordnet, dass Leckschwingungen gedämpft werden. Der Vibrationsbereich ist so angeordnet, dass seine Mitte, längs der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils gesehen, gegenüber der Mitte des Raumes versetzt ist.

Demgemäß können Vibrationslecks der Grundwelle, die sonst beachtliche Störschwingungen verursachen könnten, wirksam unterdrückt werden, ohne dass die von der dritten Oberwelle der Dickendehnungsvibration erzeugten Resonanzkennwerte stark beeinflusst werden.

Daher können von der Grundwelle erzeugte unerwünschte Störschwingungen wirksam unterdrückt werden. Beispielsweise kann beim Einsatz des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Resonators als Oszillator eine anomale Oszillation verhindert werden.

Ferner ist es, da man die oben beschriebene Wirkung dadurch erzielt, dass die Mitte des Vibrationsbereichs gegenüber der Mitte des Raumes versetzt ist, nicht notwendig, das Gehäuseglied für die Definition des Raumes extra zu konstruieren. Daher können die Kosten für die Gesenke zur Bildung einer den Raum definierenden Vertiefung verringert und der Arbeitsablauf vereinfacht werden.

Somit kann ein piezoelektrischer Resonator vom energieeinfangenden Typ bereitgestellt werden, der die dritte Oberwelle der Dickendehnungsvibration verwendet, hervorragende Resonanzwerte aufweist und kostengünstig hergestellt werden kann.

Das Gehäuseglied kann erste und zweite Dichtungssubstrate aufweisen, die auf den entsprechenden Oberflächen des piezoelektrischen Resonanzbauteils angebracht sind. Das erste und zweite Dichtungssubstrat weist jeweils an seiner Seite an der Berührungsstelle mit dem piezoelektrischen Resonanzbauteil eine Vertiefung auf. Die Vertiefungen definieren den Raum. Jedes der ersten und zweiten Dichtungssubstrate ist an einem Bereich rund um die Vertiefung mit dem piezoelektrischen Resonanzbauteil verbunden. Die verbundenen Bereiche dienen als Dichtungsbereich.

In diesem Fall kann man die Versetzung des Vibrationsbereichs durch die Kontrolle der Position der Anregungselektroden auf dem piezoelektrischen Resonanzbauteil erzielen, was bedeutet, dass die auf dem ersten und zweiten Dichtungssubstrat gebildeten Vertiefungen nicht relativ zueinander versetzt zu werden brauchen. Daher können das erste und zweite Dichtungssubstrat aus gleichartigem Substrat bestehen.

Das Gehäuseglied kann ein Basissubstrat und ein Abdeckglied aufweisen. Das piezoelektrische Resonanzbauteil ist mit einer Oberfläche des Basissubstrats so verbunden,

dass seine Vibration nicht behindert wird. Das Abdeckglied weist eine Öffnung auf, die nach unten zeigt und am umlaufenden Rand dieser Öffnung mit der Oberfläche des Basissubstrats verbunden ist. Der Bereich, durch den das piezoelektrische Resonanzbauteil mit dem Basissubstrat verbunden ist, dient als Dichtungsbereich. In diesem Fall kann, sogar bei einem eine Abdeckung verwendenden Gehäuseaufbau, der Vibrationsbereich von der Mitte des Vibrationsraumes durch Kontrolle der Lage der Anregungselektroden auf dem piezoelektrischen Resonanzbauteil versetzt sein, was bedeutet, dass für das Basissubstrat und die Abdeckung keine besondere Konstruktion notwendig ist. Daher können die Herstellungskosten für das Gehäuseglied verringert und der Arbeitsablauf vereinfacht werden.

Wenn die Dicke des piezoelektrischen Resonanzbauteils mit t und die kürzeste Entfernung zwischen dem Vibrationsbereich und dem Dichtungsbereich mit G ausgedrückt wird, sind t und G so festgelegt, dass sie die Beziehung " $0 < G/t \leq 5$ " erfüllen.

In diesem Fall kann eine durch das Entweichen der Grundwelle verursachte Störschwingung wirksamer unterdrückt werden. Somit kann ein piezoelektrischer Resonator bereitgestellt werden, der die dritte Oberwelle der Dickendehnungsvibration verwendet und günstige Resonanzwerte aufweist.

Die Mitte des Vibrationsraumes kann, längs der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils gesehen, zur Mitte des piezoelektrischen Resonanzbauteils hin ausgerichtet sein.

In diesem Fall kann das Gehäuseglied, das eine Vertiefung für die Definition des darin gebildeten Raumes aufweist, auf einfache Weise hergestellt werden, so dass die Herstellungskosten des piezoelektrischen Resonators weiter verringert werden können.

Alternativ kann die Mitte des Raumes, längs der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils gesehen, gegenüber der Mitte des piezoelektrischen Resonanzbauteils versetzt sein.

In diesem Fall ist der Vibrationsbereich längs der Hauptfläche des Bauteils gesehen, gegenüber der Mitte des Raumes auch dann versetzt, wenn sich der Vibrationsbereich, längs der Hauptfläche des Bauteils gesehen, in der Mitte des piezoelektrischen Resonanzbauteils befindet. Somit kann ein piezoelektrisches Resonanzbauteil, in dessen Mitte Anregungselektroden angeordnet sind, in der Erfindung verwendet werden, so dass die Herstellungskosten des piezoelektrischen Resonators weiter verringert werden können.

Der Dichtungsbereich kann von einer Klebeschicht gebildet werden. In diesem Fall kann der Dichtungsbereich einfach dadurch gebildet werden, dass einfach das piezoelektrische Resonanzbauteil mit dem Gehäuseglied verbunden wird, so wie das Dichtungssubstrat.

Die Erfindung stellt auch ein Verfahren zur Dämpfung der vom oben beschriebenen piezoelektrischen Resonator erzeugten Grundwelle einer Dickendehnungsvibration vor, wobei das Verfahren einen Schritt aufweist, der die Mitte des Vibrationsbereichs gegenüber der Mitte des Raumes, wie er längs der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils aus gesehen wird, versetzt.

Andere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung deutlich, die sich auf die beiliegende Zeichnung bezieht.

Fig. 1 ist eine vertikale Schnittansicht eines piezoelektrischen Resonators gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 ist eine perspektivische Explosionsansicht des piezoelektrischen Resonators gemäß Fig. 1;

Fig. 3A ist eine ebene Ansicht, die zeigt, wie der Dicht-

tungsbereich, der Raum und der Vibrationsbereich in einem modifizierten Beispiel des piezoelektrischen Resonators von Fig. 1 zueinander positioniert sind;

Fig. 3B ist eine ebene Ansicht, die zeigt, wie der Dichtungsbereich, der Raum und der Vibrationsbereich in einem anderen modifizierten Beispiel des piezoelektrischen Resonators von Fig. 1 zueinander positioniert sind;

Fig. 3C ist eine ebene Ansicht, die zeigt, wie der Dichtungsbereich, der Raum und der Vibrationsbereich in einem weiteren modifizierten Beispiel des piezoelektrischen Resonators von Fig. 1 zueinander positioniert sind;

Fig. 4A ist eine ebene Ansicht, die zeigt, wie der Dichtungsbereich, der Raum und der Vibrationsbereich in noch einem weiteren modifizierten Beispiel des piezoelektrischen Resonators von Fig. 1 zueinander positioniert sind;

Fig. 4B ist eine ebene Ansicht, die zeigt, wie der Dichtungsbereich, der Raum und der Vibrationsbereich in noch einem weiteren modifizierten Beispiel des piezoelektrischen Resonators von Fig. 1 zueinander positioniert sind;

Fig. 4C ist eine ebene Ansicht, die zeigt, wie der Dichtungsbereich, der Raum und der Vibrationsbereich in noch einem weiteren modifizierten Beispiel des piezoelektrischen Resonators von Fig. 1 zueinander positioniert sind;

Fig. 5 ist eine ebene Ansicht, die zeigt wie ein Vibrationsbereich, der in seiner ebenen Ansicht eine rechteckige Form hat, und ein rechteckig geformter Raum in noch einem weiteren modifizierten Beispiel des piezoelektrischen Resonators von Fig. 1 zueinander positioniert sind;

Fig. 6A ist eine schematische ebene Ansicht noch eines weiteren modifizierten Beispiels des piezoelektrischen Resonators von Fig. 1;

Fig. 6B ist eine vertikale Schnittansicht des piezoelektrischen Resonators von Fig. 6A;

Fig. 7 ist eine graphische Darstellung, die die kürzeste Entfernung G zwischen dem Vibrationsbereich und dem Dichtungsbereich in Beziehung zur Phasendifferenz zwischen der Grundwelle der Dickendehnungsvibration und deren dritten Oberwelle im piezoelektrischen Resonator von Fig. 1 zeigt;

Fig. 8 ist eine graphische Darstellung des Verhältnisses G/t in Beziehung zur Phasendifferenz im piezoelektrischen Resonator von Fig. 1;

Fig. 9 ist eine Explosionsansicht noch eines weiteren modifizierten Beispiels der Erfindung, in der ein Gehäuse ein Basissubstrat und ein Abdeckglied enthält.

Fig. 10 ist eine perspektivische Explosionsansicht eines bestehenden chipförmigen Resonators; und

Fig. 11 ist eine vertikale Schnittansicht des piezoelektrischen Resonators von Fig. 10.

Bezugnehmend auf die Fig. 1 und 2 enthält ein piezoelektrischer Resonator 1 ein piezoelektrisches Resonanzbauteil 2 vom energieeffizienten Typ, das die Form eines rechteckigen Blocks hat. Das piezoelektrische Resonanzbauteil 2 ist so angepasst, dass es in der dritten Oberwelle im Dicken-
dehnungsvibrationsmodus vibriert.

Das piezoelektrische Resonanzbauteil 2 enthält ein rechteckiges piezoelektrisches Substrat 2a. Das piezoelektrische Substrat 2a besteht aus piezoelektrischer Keramik, z. B. aus Bleititanatzirconat. Das piezoelektrische Substrat 2a kann jedoch auch aus einem anderen piezoelektrischen Material als Bleititanatzirconat bestehen, wie z. B. einem Kristall, Li-TaO_3 , oder einem ähnlichen piezoelektrischen Einkristall.

Eine erste Anregungselektrode 2b, die eine runde Form hat, ist auf der oberen Oberfläche des piezoelektrischen Substrats 2a angebracht. Eine zweite, runde Anregungselektrode 2c liegt auf der unteren Oberfläche des piezoelektrischen Substrats 2a der ersten Anregungselektrode 2b gegenüber. Die Anregungselektroden 2b und 2c können auch jede

andere Form annehmen, wie z. B. eine rechteckige. Bei der hier bevorzugten Ausführungsform sind die Anregungselektroden 2b und 2c gegenüber der Mitte des piezoelektrischen Substrats 2a in Fig. 2 nach links versetzt.

Die Anregungselektroden 2b und 2c sind elektrisch jeweils mit Leitungselektroden 2d und 2e verbunden, die jeweils auf der oberen und unteren Oberfläche des piezoelektrischen Substrats 2a gebildet sind. Die Leitungselektroden 2d und 2e erstrecken sich zu den entsprechenden Kanten des piezoelektrischen Substrats 2a. Wenn zwischen den Anregungselektroden 2b und 2c eine Wechselspannung angelegt wird, wird ein Bereich des zwischen den Anregungselektroden 2b und 2c liegenden piezoelektrischen Resonanzbauteils 2, das ist der Vibrationsbereich, angeregt. Die bei der Anregung auftretende Vibrationsenergie entweicht aus dem Vibrationsbereich. Jedoch wird, da der Vibrationsbereich partiell ausgebildet ist, die dritte Oberwelle der Dickendehnungsvibration wirksam im Vibrationsbereich eingefangen.

Hauptsächlich entweicht ein Teil der angeregten Vibration aus dem Vibrationsbereich. Wie bereits erwähnt, verursachen Leckschwingungen, insbesondere die der Grundwelle, eine Störwelle. In der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform wurde daher ein Gehäuseaufbau so gestaltet, dass ein Dichtungsbereich Vibrationslecks der Grundwelle dämpft.

Das piezoelektrische Bauteil 2 liegt zwischen dem ersten und zweiten Dichtungssubstrat 3 und 4. Jedes der Dichtungssubstrate 3 und 4 besteht aus einer isolierenden Keramik, wie z. B. Aluminiumoxid. Die Dichtungssubstrate 3 und 4 können jedoch auch aus jedem anderen Isoliermaterial, z. B. aus Kunstharz, bestehen.

Eine Vertiefung 3a ist in der unteren Oberfläche des Dichtungssubstrats 3 so gebildet, dass sie einen Raum für die Vibration des Vibrationsbereichs definiert. Ebenso ist eine Vertiefung 4a in der oberen Oberfläche des Dichtungssubstrats 4 gebildet. Ein Teil des außerhalb der Vertiefung 3a liegenden Dichtungssubstrats 3 und ein Teil des außerhalb der Vertiefung 4a liegenden Dichtungssubstrats 4 ist durch eine (nicht gezeigte) isolierende Klebeschicht mit dem piezoelektrischen Resonanzbauteil 2 verbunden (siehe Fig. 1 und 2). Die so verbundenen Bereiche bilden die Dichtungsbereiche. Somit dienen die Bereiche außerhalb der Vertiefungen in Fig. 1 als Dichtungsbereiche.

Wie in Fig. 1 gezeigt ist, sind Außenelektroden 5 und 6 an den gegenüberliegenden Endflächen des das piezoelektrische Resonanzelement 2 und die Dichtungssubstrate 3 und 4 enthaltenden Lamirats gebildet. Die Außenelektrode 5 ist mit der Leitungselektrode 2d, und die Außenelektrode 6 mit der Leitungselektrode 2e verbunden.

Wie man in Fig. 1 sieht, definieren die Vertiefungen 3a und 4a einen Raum für die Vibration des Vibrationsbereichs. Die Vertiefungen 3a und 4a sind, längs der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils 2 gesehen, nicht gegeneinander versetzt; mit anderen Worten fluchten die Vertiefungen 3a und 4a in Dickenrichtung des piezoelektrischen Resonanzbauteils 2 miteinander. Gleichartige Isolationssubstrate, von denen jedes eine Vertiefung aufweist, können als Einzelteile für die Dichtungssubstrate 3 und 4 verwendet werden, so dass die Kosten für die Gesenke verringert und die Arbeitsabläufe vereinfacht werden können.

Bei dem piezoelektrischen Resonator 1 der bevorzugten Ausführungsform wird zwischen den Anregungselektroden 2b und 2c über die Außenelektroden 5 und 6 eine Wechselspannung angelegt, um den Vibrationsbereich anzuregen. Somit erhält man für die dritte Oberwelle des Dickendehnungsvibrationsmodus eine Resonanzkennlinie des Vibrationsbereichs. Die Grundwelle, die deutliche Störschwingungen verursachen könnte, entweicht aus dem Vibrationsbe-

reich. Vibrationsenergie der entweichenden Grundwelle wird vom Dichtungsbereich gedämpft. Wie bereits beschrieben, enthält der Dichtungsbereich den verbundenen Bereich zwischen dem piezoelektrischen Resonanzbauteil 2 und den Dichtungssubstraten 3 und 4.

Wenn die Anregungselektroden 2b und 2c, wie im Falle der hier bevorzugten Ausführungsform, eine runde Form aufweisen, sind sie konzentrisch von einem Bereich mit Vibrationslecks der Grundwelle umgeben. Wenn der Vibrationsbereich in der Mitte des von den Vertiefungen 3a und 4a definierten Raumes liegt, kann es sein, dass die leckende Grundwelle nicht vom Dichtungsbereich gedämpft wird.

Da in der bevorzugten Ausführungsform der Vibrationsbereich längs der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils 2 gesehen gegenüber der Mitte des Raumes versetzt ist, erreicht der Bereich der Vibrationslecks der Grundwelle den Dichtungsbereich, so dass sie wirksam gedämpft werden.

Insbesondere ist, wie in Fig. 1 gezeigt ist, der Vibrationsbereich gegenüber der Mitte des von den Vertiefungen 3a und 4a definierten Raumes nach links versetzt. Dementsprechend wird die aus dem Vibrationsbereich entweichende Vibration der Grundwelle vom Dichtungsbereich wirksam gedämpft, insbesondere von einem Abschnitt des Dichtungsbereichs, der in Fig. 1 auf der linken Seite dargestellt ist. Somit kann die Störschwingung verursachende Grundwelle wirksamer unterdrückt werden, als das vergleichsweise bei einem Aufbau der Fall ist, in dem die Vertiefungen 3a und 4a in der Mitte des für Vibrationen dienenden Raumes angeordnet sind.

Im chipförmigen piezoelektrischen Resonator 1 der bevorzugten Ausführungsform können durch Festlegung der Versetzung des Vibrationsbereichs, längs der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils 2 gesehen, Vibrationslecks der Grundwelle, die andernfalls eine deutliche Störvibration erzeugen könnten, ohne große Auswirkungen auf eine durch die dritte Oberwelle der Dickendehnungsvibration erzeugte Resonanzkennlinie wirksam unterdrückt werden.

In der bevorzugten Ausführung ist der Vibrationsbereich in Fig. 1 innerhalb des von den Vertiefungen 3a und 4a definierten Raumes nach links, d. h. zur Außenelektrode 6 hin, versetzt. Jedoch ist die Richtung, in die der Vibrationsbereich längs der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils 2 gesehen versetzt wird, nicht speziell begrenzt. Beispielsweise kann, wie in den Fig. 3A bis 3C gezeigt ist, der Vibrationsbereich in Richtung längs der Hauptfläche in jede Richtung versetzt werden. Die Fig. 3A bis 3C sind schematische ebene Ansichten, die die relative Lage des Dichtungsbereichs, des Raumes und des Vibrationsbereichs zueinander zeigen. In den Fig. 3A bis 3C bezeichnet die Bezugsziffer 7 den Dichtungsbereich; die Bezugsziffer 8 bezeichnet den Raum; die durchgezogene Linie A bezeichnet einen äußeren Rand des Dichtungsbereichs; die durchgezogene Linie B bezeichnet einen inneren Rand des Dichtungsbereichs; der Kreis C bezeichnet den Vibrationsbereich; und die gestrichelte Linie D bezeichnet einen fiktiven in der Mitte des Raumes liegenden Vibrationsbereich.

Bei dem piezoelektrischen Resonator 1 von Fig. 1 ist der von den Vertiefungen 3a und 4a definierte Raum kreisförmig, wie man auf seiner ebenen Ansicht erkennt. In den Fig. 3A bis 3C ist der Raum 8 rechteckig geformt, wie man aus dessen ebenen Ansichten erkennt. Die Form des Raumes, wie man sie in seiner ebenen Ansicht sieht, ist nicht auf die Kreisform beschränkt, sondern kann eine Vielzahl von Formen, beispielsweise eine rechteckige Form, annehmen. Die Fig. 4A bis 4C zeigen Beispiele für die Formen des Raumes.

In Fig. 4A ist die Form des Raumes in ebener Ansicht ge-

sehen kreisförmig, wie das beim piezoelektrischen Resonator 1 der Fall ist, und die Mitte des Vibrationsbereichs C ist gegenüber der Mitte des Raumes 8 versetzt. In Fig. 4B ist die Form des Raumes 8 in ebener Ansicht gesehen eine Raute. In Fig. 4C ist die Form des Raumes 8 in ebener Ansicht gesehen eine längliche Ellipse.

Wie in einer schematischen ebenen Ansicht von Fig. 5 gezeigt ist, ist die Form des Vibrationsbereichs C in ebener Ansicht gesehen nicht auf die Kreisform begrenzt, sondern kann auch rechteckig sein. In Fig. 5 ist der rechteckige Vibrationsbereich C diagonal gegenüber der Mitte des Raumes 8 versetzt und hat in ebener Ansicht gesehen eine rechteckige Form.

Im chipförmigen piezoelektrischen Resonator 1 der ersten Ausführungsform sind die Vertiefungen 3a und 4a so angeordnet, dass die Mitte des von den Vertiefungen 3a und 4a definierten Raumes und die des piezoelektrischen Resonanzbauteils 2 in ebener Ansicht des piezoelektrischen Resonators 1 gesehen miteinander fluchten. Jedoch kann der Raum für die Vibration so angeordnet sein, dass seine Mitte gegenüber der des piezoelektrischen Resonanzbauteils 2 versetzt ist, wenn man es entlang der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils 2 sieht. Die Fig. 6A und 6B zeigen ein Beispiel für so eine Versetzung des Raumes.

Wie mit den Pfeilen in Fig. 6A angezeigt ist, ist der Raum gegenüber einer von einer gestrichelten Linie angedeuteten Lage nach links versetzt. Mit anderen Worten sind, wie in Fig. 6B gezeigt ist, die jeweils in den Dichtungssubstraten 3 und 4 gebildeten Vertiefungen 3a und 4a gegenüber der geometrischen Mitte des piezoelektrischen Resonanzbauteils 2 nach links versetzt.

Im Gegensatz dazu, ist in Fig. 6B der zwischen den Anregungselektroden 2b und 2c liegende Vibrationsbereich in der geometrischen Mitte des piezoelektrischen Resonanzbauteils 2 angeordnet. Als Folge davon ist der Vibrationsbereich relativ zur Mitte des Raumes 8 nach rechts versetzt.

Wie oben beschrieben ist, können, wenn der Vibrationsbereich in ebener Ansicht des piezoelektrischen Resonators gesehen gegenüber der Mitte des Raumes versetzt ist, entweder der Raum oder der Vibrationsbereich oder beide in ebener Ansicht des piezoelektrischen Resonators gesehen gegenüber der Mitte des piezoelektrischen Resonanzbauteils versetzt sein.

Sogar in der Ausführungsform der Fig. 6A und 6B können, da die Dichtungssubstrate 3 und 4 aus gleichartigem Substrat bestehen können, die Kosten für die Gesenke verringert und die Arbeitsabläufe vereinfacht werden, wie dies auch beim piezoelektrischen Resonator 1 in Fig. 1 der Fall ist.

Als nächstes werden Versuchsbeispiele des erfindungsge-
mäßigen chipförmigen piezoelektrischen Resonators beschrieben, wobei gezeigt werden soll, dass die Grundwelle wirksam unterdrückt wird, wenn man längs der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonators gesehen den Raum relativ zum Vibrationsbereich versetzt.

Man stellte einen chipförmigen piezoelektrischen Resonator 1 mit folgenden Spezifikationen her. Das piezoelektrische Resonanzbauteil 2 wurde aus dem piezoelektrischen Substrat 2a mit den Abmessungen 3,7 mm × 3,1 mm × 126 µm hergestellt. Die Anregungselektroden 2b und 2c mit einem Durchmesser von 0,4 mm wurden auf den entsprechenden gegenüberliegenden Hauptflächen des piezoelektrischen Substrats 2a so gebildet, dass sie um eine vorbestimmte Strecke in Richtung zu dem auf der Seite der Außenelektrode 6 liegenden Dichtungsbereich gegenüber der geometrischen Mitte des piezoelektrischen Substrats 2a versetzt waren. Der Abstand wurde variiert, wodurch man eine Vielzahl piezoelektrischer Resonanzbau-

teile 2 erhielt.

Die Dichtungssubstrate 3 und 4, von denen jedes die Abmessungen $3,7 \times 3,1 \times 0,4$ mm aufwies, wurden mit der entsprechenden Hauptfläche jedes piezoelektrischen Resonanzbauteils 2 durch einen isolierenden Kleber verbunden. Das Dichtungssubstrat 3 (4) wurde aus dem zuvor erwähnten Isoliersubstrat gebildet, in dessen einer Oberfläche in der Mitte eine rechteckige Vertiefung 3a (4a) mit den Abmessungen $2,6 \times 2,0$ ($\times 0,1$) mm gebildet wurde.

Nachdem jedes piezoelektrische Resonanzbauteil zwischen die Dichtungssubstrate 3 und 4 laminiert worden war, wurden die Außenelektroden 5 und 6 darauf gebildet. Auf diese Weise erhielt man eine Vielzahl piezoelektrischer Resonatoren, deren Phasenunterschiede dann gemessen wurden. Die Ergebnisse sind in den Fig. 7 und 8 dargestellt.

Der Begriff "kürzester Abstand G zum Dichtungsbereich" in den Fig. 7 und 8 bezeichnet den Abstand zwischen dem Vibrationsbereich und einem dem Vibrationsbereich nächstgelegenen Abschnitt des Dichtungsbereichs, wie in Fig. 3 gezeigt ist. Eine kurze Seite der Vertiefung 3a (4a), die in ebener Ansicht gesehen eine rechteckige Form aufweist, ist 2,0 mm lang, und der Vibrationsbereich hat einen Durchmesser von 0,4 mm; daraus folgt, dass, wenn $G = 0,8$ mm ist, der Vibrationsbereich in ebener Ansicht gesehen in der Mitte des Raumes liegt.

In den Fig. 7 und 8 zeigen weiße Punkte Phasen der Grundwelle und schwarze Punkte Phasen der dritten Oberwelle der Dickendehnungsvibration an.

Wie man in Fig. 7 erkennt, kann die Grundwelle wirksamer unterdrückt werden, wenn die kürzeste Entfernung G zwischen dem Vibrationsbereich und dem Dichtungsbereich abnimmt, d. h., wenn die Versetzung des Vibrationsbereichs gegenüber der Mitte des piezoelektrischen Resonanzbauteils, längs der Hauptfläche des Bauteils gesehen, zunimmt.

Wenn der kürzeste Abstand G zum Dichtungsbereich 0,3 mm beträgt, beträgt die Phase der Grundwelle etwa 50 Grad, was verglichen mit dem Fall, bei dem $G = 0,9$ mm ist, eine Verbesserung um etwa 25 Grad bedeutet.

Wie man aus Fig. 8 ersieht, nimmt, wenn das Verhältnis des kürzesten Abstands G zur Dicke t des piezoelektrischen Resonanzbauteils, oder G/t , größer als 0 und kleiner als 5 ist, die Grundwelle eine Phase von nicht mehr als 70 Grad an, was bedeutet, dass die Grundwelle wirksam unterdrückt werden kann.

Bei den oben beschriebenen Ausführungsformen liegt das piezoelektrische Resonanzbauteil zwischen den Dichtungssubstraten, und die Vertiefungen sind auf jedem Dichtungssubstrat so gebildet, dass sie sich zum piezoelektrischen Resonanzbauteil hin öffnen, um so den Raum für die Vibration zu definieren. Jedoch ist die Erfindung nicht darauf beschränkt. Der chipförmige piezoelektrische Resonator der Erfindung kann einen Gehäuseaufbau mit einem Abdeckglied aufweisen. Ein piezoelektrischer Resonator mit einer solchen Gehäusestruktur ist in Fig. 9 dargestellt.

In Fig. 9 ist ein Basissubstrat 21 aus einem rechteckigen isolierenden Substrat hergestellt. Eine Vertiefung 21a ist in der oberen Oberfläche des Basissubstrats 21 gebildet. Die Vertiefung 21a ist so ausgelegt, dass sie einen Raum definiert, in dem der Vibrationsbereich vibrieren kann.

Ein piezoelektrisches Resonanzbauteil 2 ist mit isolierenden, als Dichtungsbereiche dienende, Klebeschichten 22 und 23 auf dem Basissubstrat 21 befestigt. Das piezoelektrische Resonanzbauteil 2 ist in ähnlicher Weise wie das piezoelektrische Resonanzbauteil 2 von Fig. 1 konfiguriert.

Ein Abdeckglied 24, dessen Öffnung 24a in Fig. 9 nach unten zeigt, ist mit einem (nicht gezeigten) isolierenden Kleber so auf dem Basissubstrat 21 befestigt, dass es das piezoelektrische Resonanzbauteil 2 umschließt. Das Abdeckglied

24 kann aus jedem geeigneten Material, z. B. aus Metall oder aus Kunstharz, bestehen.

Im Aufbau von Fig. 9 dienen die isolierenden Klebeschichten 22 und 23 als Dichtungsbereich und definieren den Raum für die Vibration. In diesem Fall kann der Vibrationsbereich auch gegenüber der Mitte des Raumes längs der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils 2 gesehen so versetzt sein, dass die Vibrationslecks der Grundwelle in ähnlicher Weise wie beim chipförmigen piezoelektrischen Resonator 1 wirksam unterdrückt werden können.

Insbesondere wird, wenn der Vibrationsbereich, wie in Fig. 9 gezeigt ist, nach rechts versetzt ist, der Abstand zwischen dem Vibrationsbereich und der isolierenden Klebeschicht 23 verkürzt, so dass die Vibrationslecks der Grundwelle wirksam unterdrückt werden können.

Während die Erfindung genau dargestellt und unter Bezug auf ihre bevorzugten Ausführungsformen beschrieben wurde, ist es für den Fachmann selbstverständlich, dass vorstehende und andere Änderungen in Form und Einzelheiten durchgeführt werden können, ohne dass der Bereich der Erfindung verlassen wird.

Patentansprüche

1. Piezoelektrischer Resonator (1), gekennzeichnet durch:

ein piezoelektrisches Resonanzbauteil (2) vom energieeinfangenden Typ, das dazu angepasst ist, in der dritten Oberwelle der Dickendehnungsvibration zu vibrieren und enthält:

ein piezoelektrisches Substrat (2a) und zwei Anregungselektroden (2b, 2c), die jeweils auf gepaarten Hauptflächen des piezoelektrischen Substrats angeordnet sind und einander so gegenüberliegen, dass das piezoelektrische Substrat (2a) dazwischen liegt, wobei ein Bereich des zwischen den Anregungselektroden liegenden piezoelektrischen Substrats (2a) als Vibrationsbereich dient;

ein Gehäuseglied, das so angeordnet ist, dass es einen Raum definiert, der wenigstens den Vibrationsbereich so umschließt, dass er vibrieren kann, wobei der Vibrationsbereich so angeordnet ist, dass seine Mitte (C) gegenüber der Mitte (D) des Raumes (8), gesehen längs der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils (2), versetzt ist; und

einen Dichtungsbereich (3, 4), der so um den Raum herum angeordnet ist, dass Leckschwingungen gedämpft werden.

2. Piezoelektrischer Resonator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuseglied ein auf den entsprechenden Hauptflächen des piezoelektrischen Resonanzbauteils (2) aufgebrachtes erstes und zweites Dichtungssubstrat (3, 4) aufweist; das erste und zweite Dichtungssubstrat (3, 4) jeweils an ihren Seiten an der Berührungsstelle mit dem piezoelektrischen Resonanzbauteil (2) eine Vertiefung (3a, 4a) aufweisen; die Vertiefungen (3a, 4a) einen Raum definieren; jedes der ersten und zweiten Dichtungssubstrate an einem Bereich rund um die Vertiefung mit dem piezoelektrischen Resonanzbauteil (2) verbunden ist; und die verbundenen Bereiche als Dichtungsbereich dienen.

3. Piezoelektrischer Resonator gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuseglied ein Basissubstrat (21) und ein Abdeckglied (24) aufweist; das piezoelektrische Resonanzbauteil (2) mit einer Oberfläche des Basissubstrats (21) so verbunden ist, dass

seine Vibration nicht behindert wird; das Abdeckglied (24) eine Öffnung (24a) aufweist und am umlaufenden Rand dieser Öffnung mit der Oberfläche des Basissubstrats verbunden ist; und der Bereich, durch den das piezoelektrische Resonanzbauteil mit dem Basissubstrat verbunden ist, als Dichtungsbereich dient.

4. Piezoelektrischer Resonator nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke des piezoelektrischen Resonanzbauteils mit t und die kürzeste Entfernung zwischen dem Vibrationsbereich und dem Dichtungsbereich mit G ausgedrückt ist, wobei t und G so festgelegt sind, dass sie die Beziehung " $0 < G/t \leq 5$ " erfüllen.

5. Piezoelektrischer Resonator nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mitte des Raumes zur Mitte des piezoelektrischen Resonanzbauteils ausgerichtet ist, gesehen längs der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils.

6. Piezoelektrischer Resonator nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mitte des Raumes gegenüber der Mitte des piezoelektrischen Resonanzbauteils versetzt ist, gesehen längs der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils.

7. Piezoelektrischer Resonator nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, dass der Dichtungsbereich eine Klebeschicht aufweist.

8. Verfahren zur Dämpfung der Grundwelle einer Dickendehnungsvibration, die von einem piezoelektrischen Resonator erzeugt wird, der ein piezoelektrisches Resonanzbauteil (2) von: energieeinfängenden Typ enthält, das dazu angepasst ist, in der dritten Oberwelle des Dickendehnungsvibrationsmodus zu vibrieren,

wobei das piezoelektrische Resonanzbauteil (2) enthält:

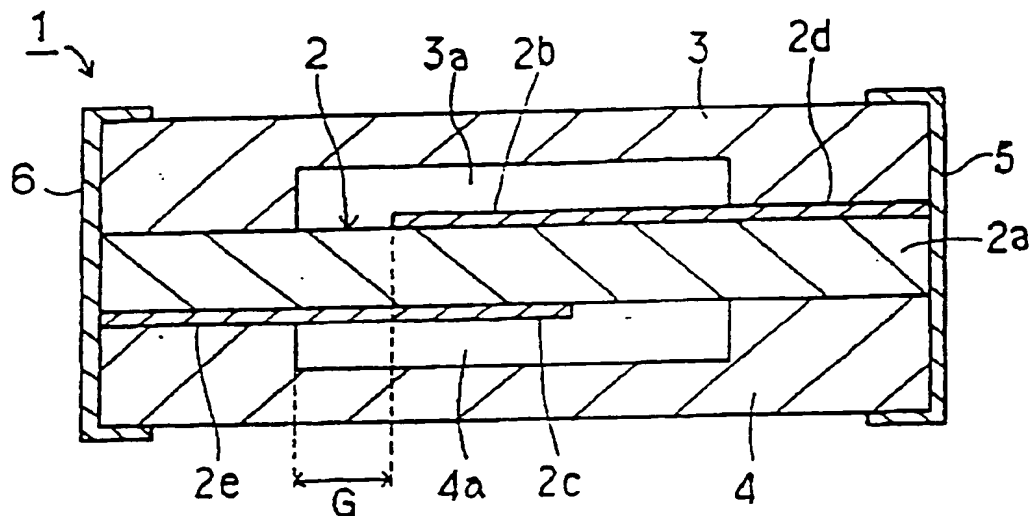
ein piezoelektrisches Substrat (2a) und zwei Anregungselektroden (2b, 2c), die jeweils auf gepaarten Hauptflächen des piezoelektrischen Substrats angeordnet sind und einander so gegenüberliegen, dass das piezoelektrische Substrat (2a) dazwischen liegt, wobei ein Bereich des zwischen den Anregungselektroden liegenden piezoelektrischen Substrats (2a) als Vibrationsbereich dient;

ein Gehäuseglied, das so angeordnet ist, dass es einen Raum (8) definiert, der wenigstens den Vibrationsbereich so umschließt, dass er vibrieren kann; und einen Dichtungsbereich (3, 4), der so um den Raum (8) herum angeordnet ist, dass Leckschwingungen gedämpft werden;

wobei das Verfahren durch einen Schritt gekennzeichnet ist, der die Mitte (c) des Vibrationsbereichs von der Mitte (D) des Raumes (8), wie er längs der Hauptfläche des piezoelektrischen Resonanzbauteils (2) aus gesehen wird, versetzt.

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1



3,4 leitenden Keramik

2a, 2b, 2c, 2d Verdrängungen

2a piezoelektrische Bauelement

2b, 2c Elektroden

2a piezoelektrisches Substrat

2d, c Leitungselektroden

Fig. 2

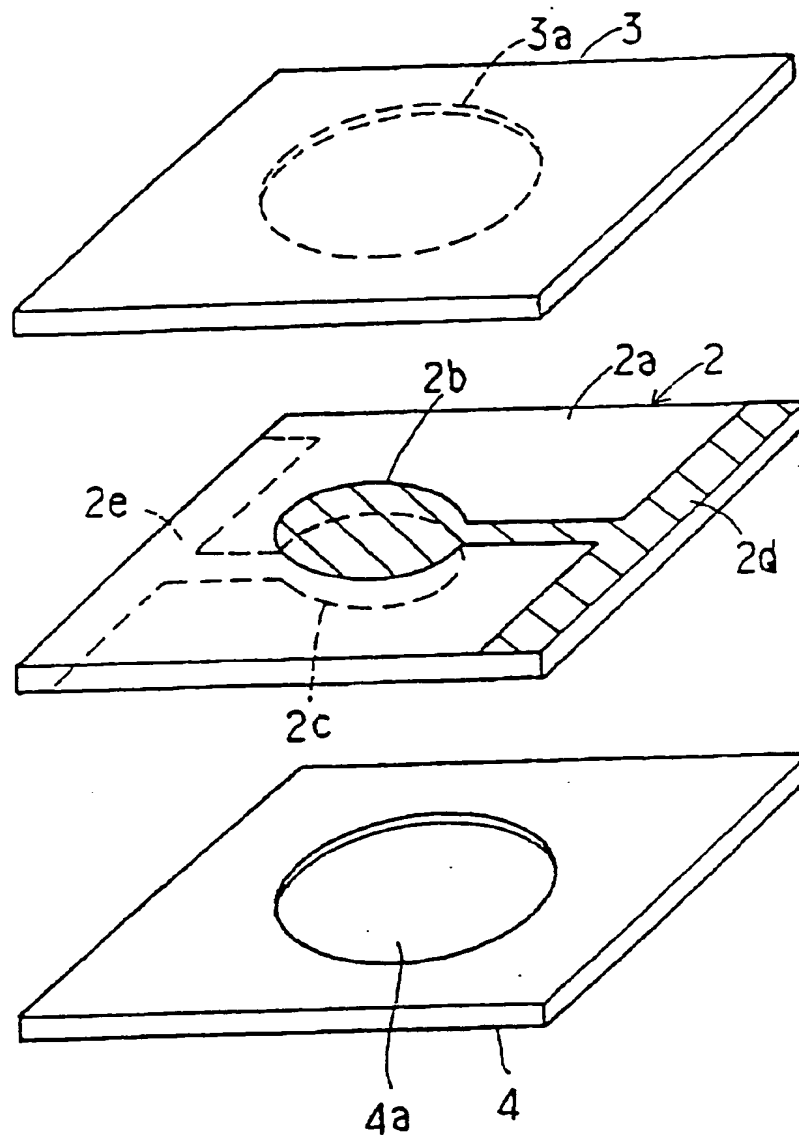


Fig. 3A

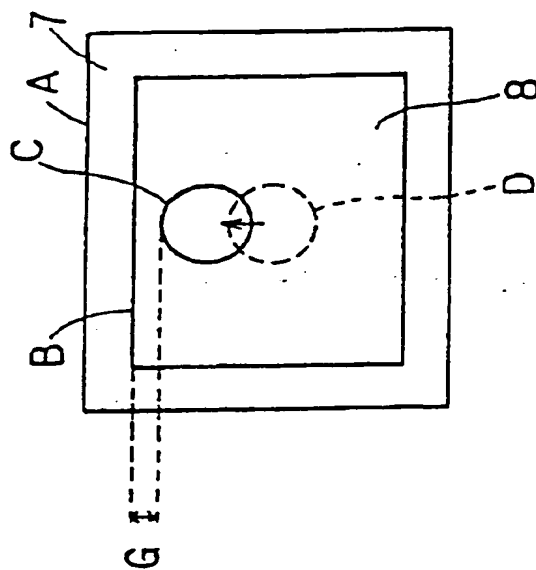


Fig. 3B

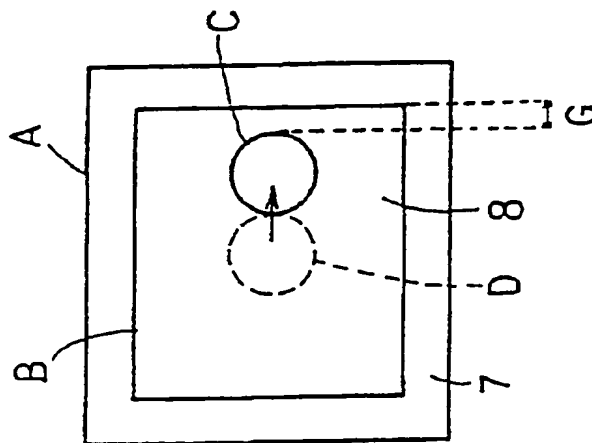


Fig. 3C

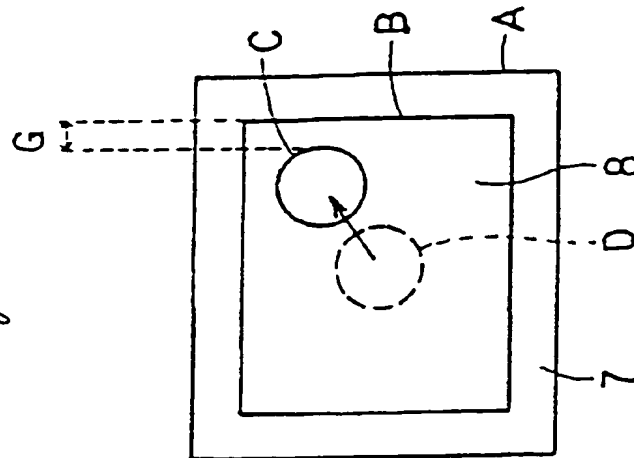


Fig. 4A

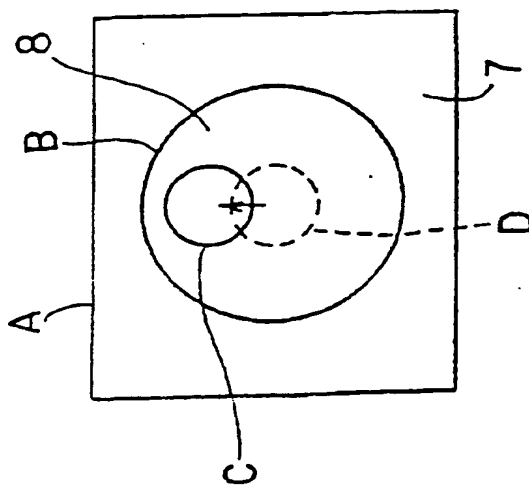


Fig. 4B

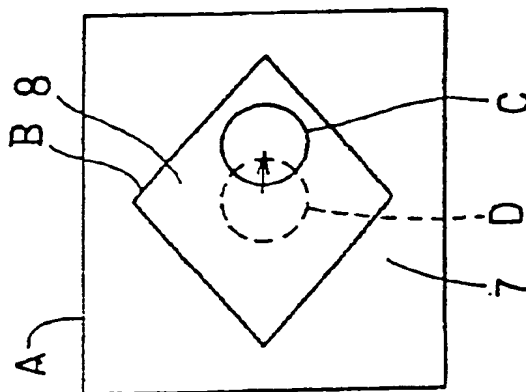


Fig. 4C

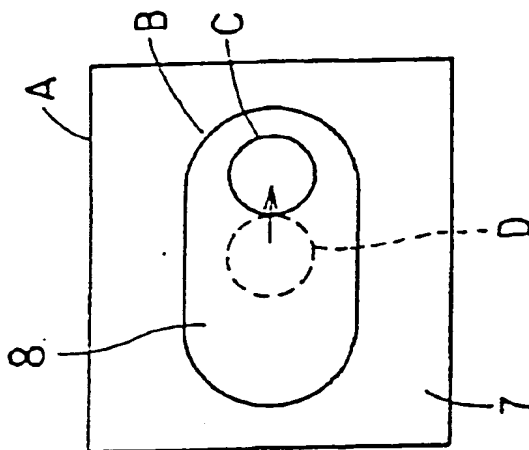


Fig. 5

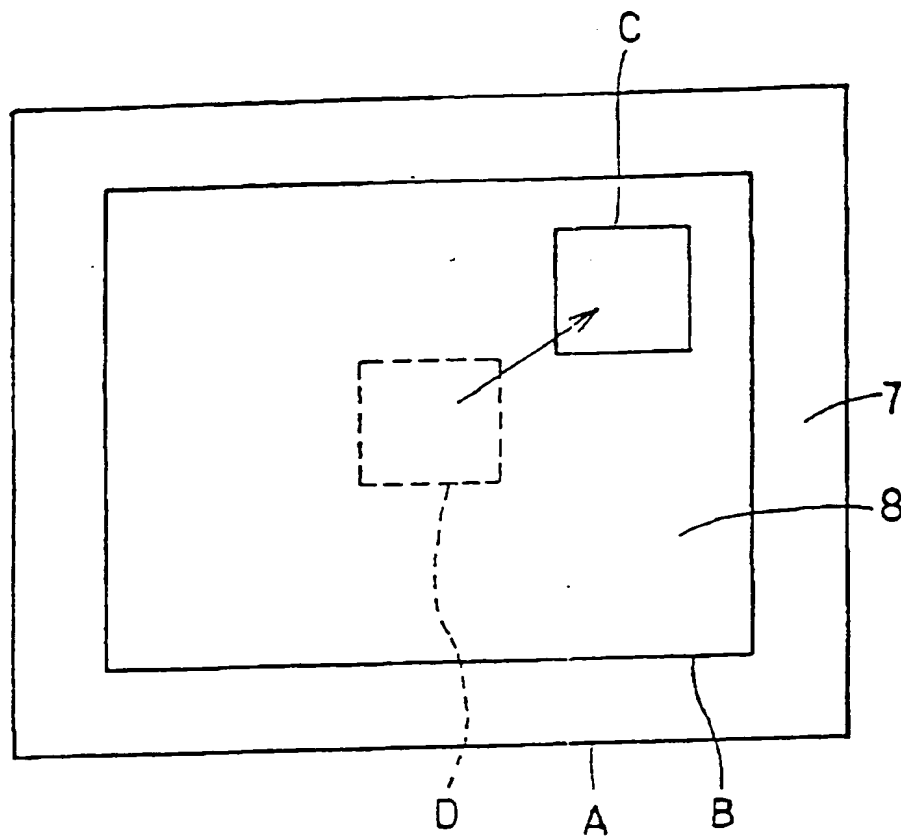


Fig. 6A

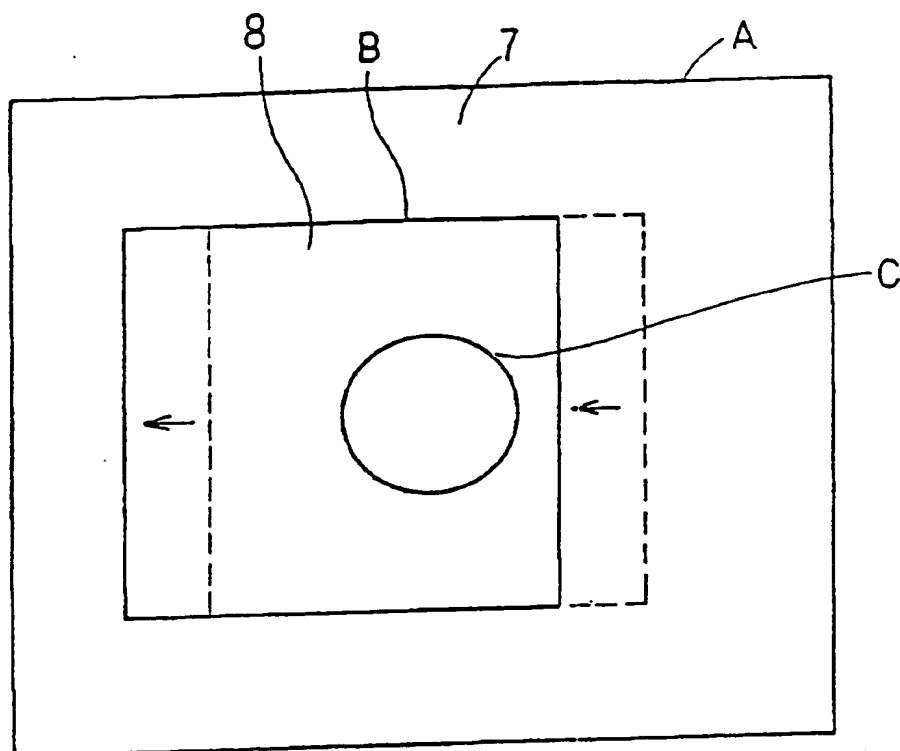


Fig. 6B

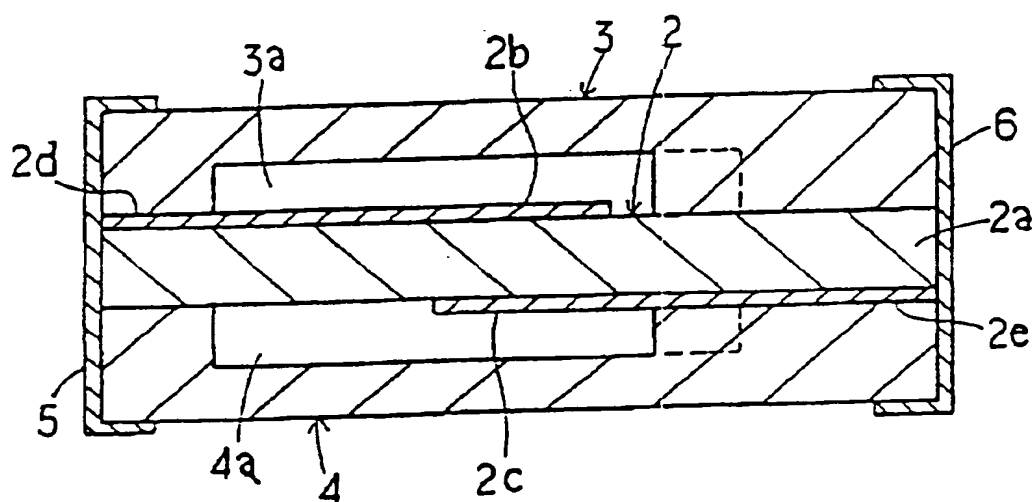
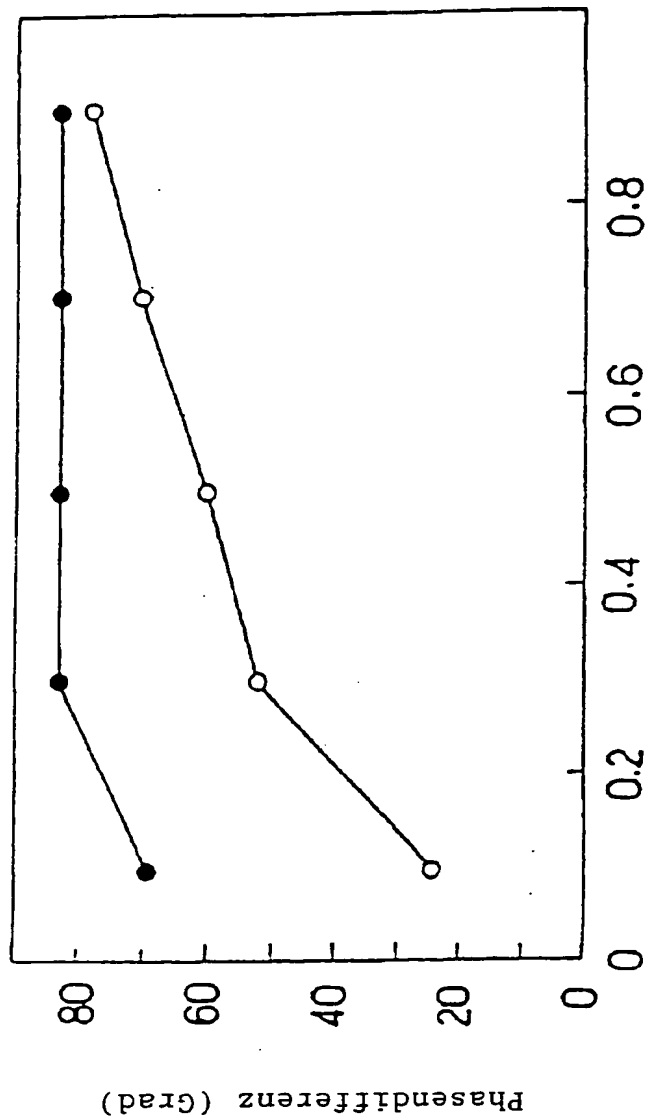


Fig. 7



Kürzester Abstand zwischen Vibrationsbereich
und Dichtungsbereich

Fig. 8

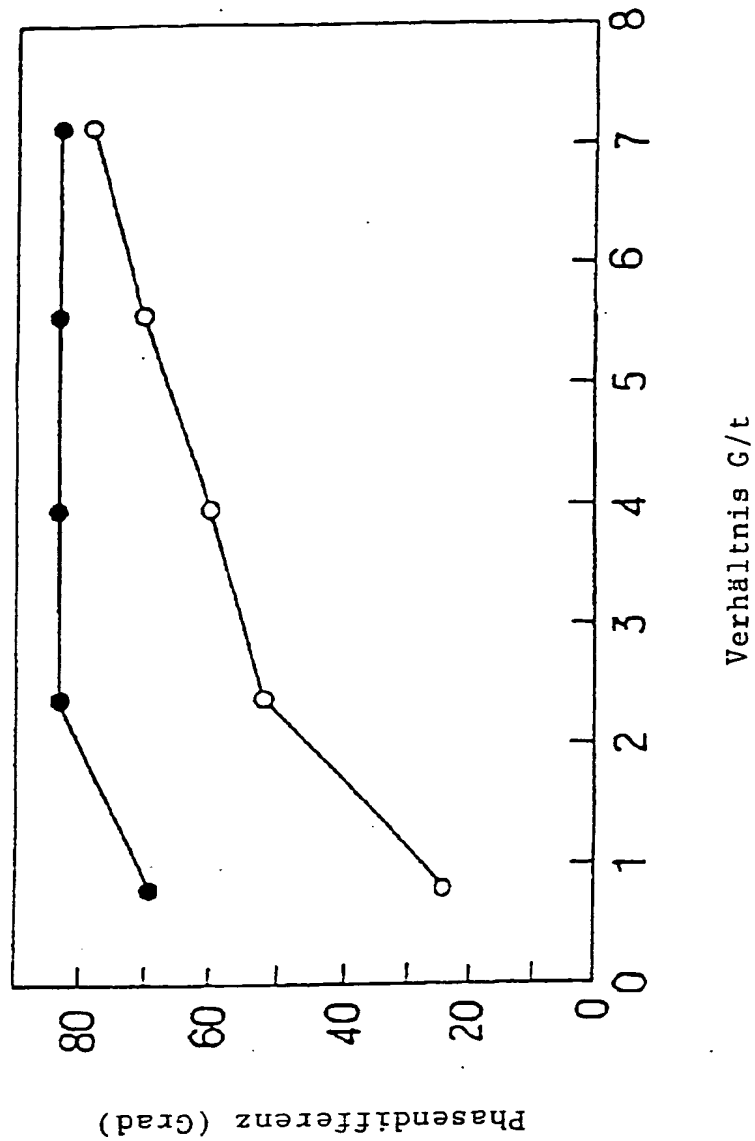


Fig. 9

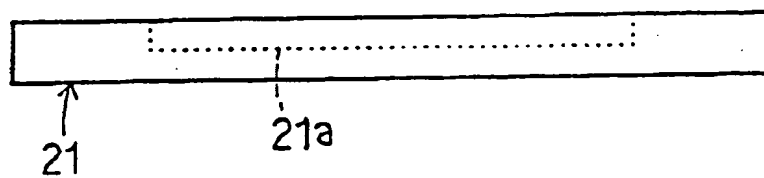
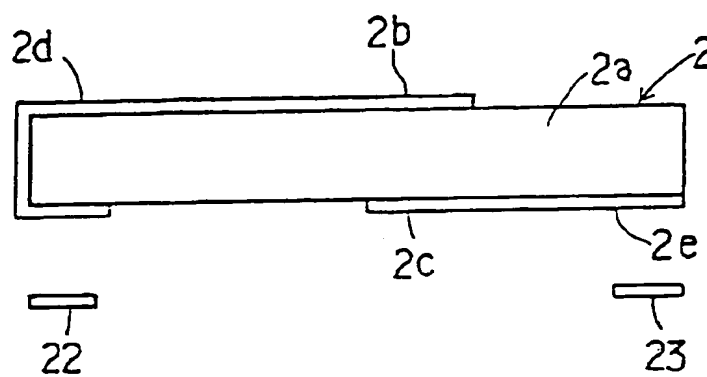
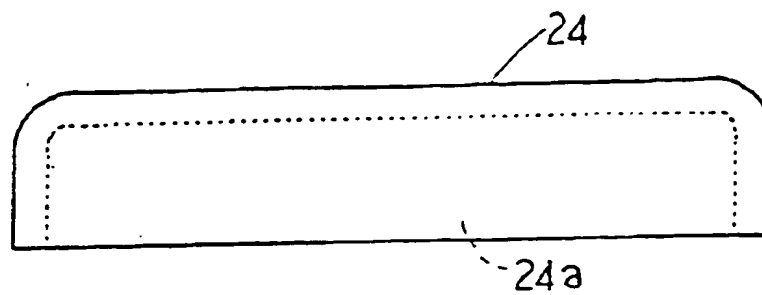


Fig. 10

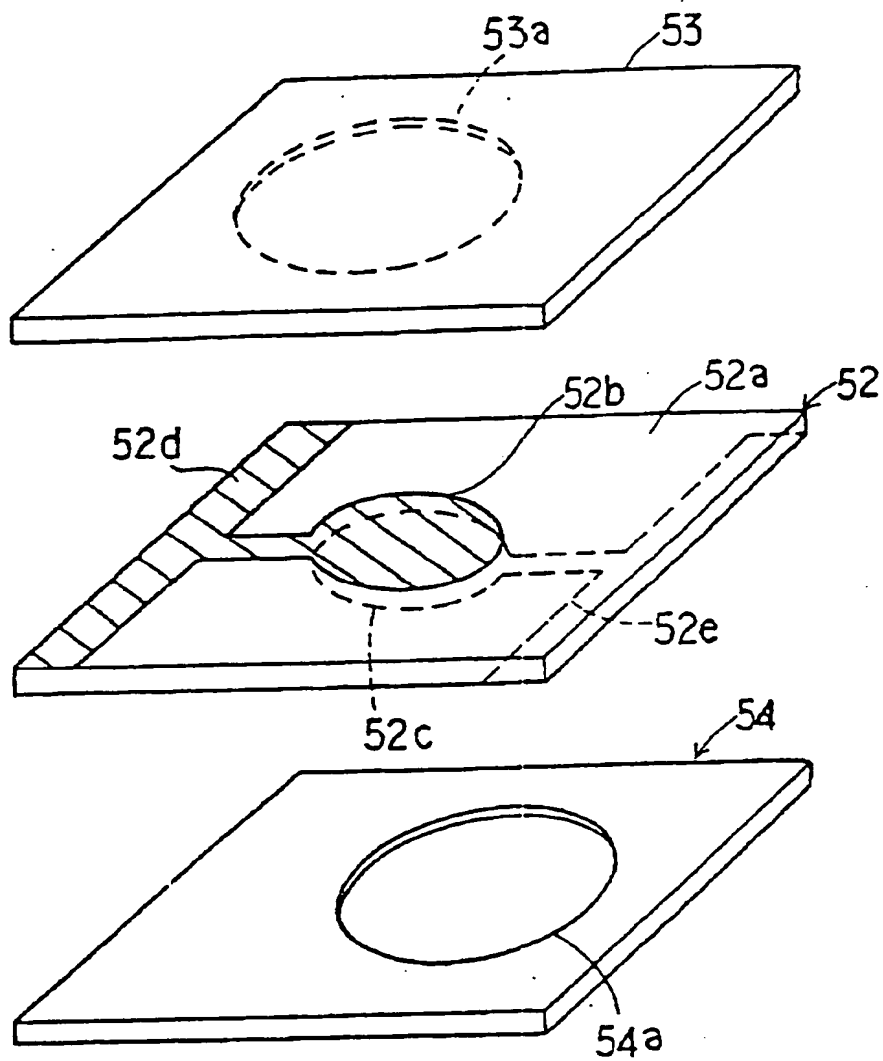


Fig. 11

